

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-002947

(43)Date of publication of application : 08.01.2004

---

(51)Int.Cl. C22C 21/12

---

(21)Application number : 2002-221993

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 30.07.2002

(72)Inventor : YOSHIHARA SHINJI  
AIURA SUNAO

---

(30)Priority

Priority number : 2002111407 Priority date : 15.04.2002 Priority country : JP

---

---

(54) WROUGHT ALUMINUM ALLOY WITH EXCELLENT HOT FORGEABILITY AND MACHINABILITY

---

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an Al-Cu type wrought aluminum alloy, e.g., extruded material, having excellent hot forgeability and machinability.

SOLUTION: The Al-Cu type wrought aluminum alloy, which has a composition consisting of, by mass, 4.5 to 6.0% Cu, 0.06 to 0.55% Sn, 0.08 to 0.55% Bi, 0.005 to 0.2% Ti and the balance Al with impurities and containing, if necessary, one or more kinds among 0.05 to 0.5% Mn, 0.05 to 0.5% Cr and 0.05 to 0.5% Zr, is provided. Moreover, the average grain size and distribution density of Sn-Bi compounds are made to 1 to 10 $\mu$ m and (100 to 5,000)pieces/mm<sup>2</sup>, respectively.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-2947

(P2004-2947A)

(43) 公開日 平成16年1月8日 (2004.1.8)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
C22C 21/12F1  
C22C 21/12

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2002-221993 (P2002-221993)	(71) 出願人	000001199
(22) 出願日	平成14年7月30日 (2002.7.30)		株式会社神戸製鋼所
(31) 優先権主張番号	特願2002-111407 (P2002-111407)		兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番2
(32) 優先日	平成14年4月15日 (2002.4.15)		6号
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100100974
			弁理士 香本 薫
		(72) 発明者	吉原 伸二
			山口県下関市長府港町14番1号 株式会
			社神戸製鋼所長府製造所内
		(72) 発明者	相浦 直
			山口県下関市長府港町14番1号 株式会
			社神戸製鋼所長府製造所内

(54) 【発明の名称】 熱間鍛造性及び切削性に優れたアルミニウム合金展伸材

## (57) 【要約】

【課題】 熱間鍛造性及び切削性に優れた Al-Cu系アルミニウム合金展伸材、例えば押出材を得る。

【解決手段】 Cu: 4.5~6.0% (質量%、以下同じ)、Sn: 0.06~0.55%、Bi: 0.08~0.55%、Ti: 0.005~0.2% を含有し、必要に応じて Mn: 0.05~0.5%、Cr: 0.05~0.5%、Zr: 0.05~0.5% のうち1種以上を含有し、残部が Al 及び不純物からなる Al-Cu系アルミニウム合金展伸材。Sn-Bi化合物の平均粒径を 1~10 μm、分布密度を 100~5000 個/mm<sup>2</sup> とする。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

Cu: 4.5~6.0% (質量%、以下同じ)、Sn: 0.06~0.55%、Bi: 0.08~0.55%、Ti: 0.005~0.2%を含有し、残部がAl及び不純物からなり、Sn-Bi化合物の平均粒径が1~10 $\mu$ m、分布密度が100~5000個/m<sup>2</sup>であることを特徴とする熱間鍛造性及び切削性に優れたアルミニウム合金展伸材。

## 【請求項2】

さらに、Mn: 0.05~0.5%、Cr: 0.05~0.5%、Zr: 0.05~0.5%のうち1種以上を含有することを特徴とする請求項1に記載された熱間鍛造性及び切削性に優れたアルミニウム合金展伸材。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、熱間鍛造性及び切削性に優れたAl-Cu系アルミニウム合金展伸材に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

アルミニウム合金のうち特に2000系のAl-Cu系合金を中心とした熱処理型合金は高い機械的性質をもち、航空機等の各種構造材としての使用実績が多い。この系の合金の一般的な加工法として、押出後、切削加工や穴あけ加工を施される場合が多いが、例えば2014合金や2024合金等は切削時に発生する切り屑が分断されにくいため切削性が劣り、複雑な切削や穴あけ加工する機械部品への採用が困難であった。

## 【0003】

一方、この系のアルミニウム合金押出材の切削性を向上させるためには、従来は例えばA2011合金(Cu: 5.0~6.0%、Pb: 0.2~0.6%、Bi: 0.2~0.6%、残部Al)のように、Pb、Bi等の低融点金属が添加された。これら低融点金属はアルミニウム中にほとんど固溶せず、アルミニウム合金中に粒状に存在し、その低融点金属粒子が切削加工時の加工発熱により溶融して切り屑を分断し(溶融脆化)、アルミニウム合金押出材の切削性を向上させる。

## 【0004】

ところが、近年の地球環境保護要求の高まりを受け、Pbなどの有害成分の使用を規制する動きが大きくなってきた。Pbは人体に摂取されると蓄積し、神経障害、貧血などのPb中毒症を引き起こす。

国内では1997年に通産省が「品目別廃棄物処理・再資源化ガイドライン」を設定し、自動車とオートバイに対してPb使用量削減に関する数値目標を設定した。これを受けて自動車メーカー各社は自主行動計画を策定した。一方、欧州連合EUでは、「包装および包装廃棄物に関する指令」や「使用済み自動車に関するEU指令案」があり、有害物質であるPbやCd、Hg、6価Crの使用量を削減することを規定している。

## 【0005】

このような情勢のなか、Pbを実質的に含まず、かつ切削性に優れるアルミニウム合金が開発され、例えば特開2000-328168、特開2001-240931、ヨーロッパ公開特許第982410等に掲載されている。これらの公報に記載されたAl-Cu系アルミニウム合金はSnとBiを所定量含み、低融点のSn-Bi化合物が晶出することで、切削性が向上する。

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

一方、例えば自動車のABS(アンチスキッド・ブレーキ・システム)のハウジングのような機械構造部品の小型、軽量化が進み、それに伴い小型の切削ドリル、例えば直径2mm程度のものも使用されるようになり、さらに高いレベルの切削性(切粉分断性)が要求されるようになった。

10

20

30

40

50

また、Al-Cu系アルミニウム合金には高強度鍛造材としての用途もあるが、Sn-Bi化合物等の低融点金属により切削性を向上させたAl-Cu系アルミニウム合金は、熱間鍛造に供した場合に割れが発生しやすいという問題があった。

【0007】

従って、本発明は、Pbを実質的に含まず、SnとBiにより切削性を向上させたAl-Cu系アルミニウム合金展伸材において、さらに切削性の向上を図り、同時に熱間鍛造性を向上させることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは前記課題を解決するために鋭意研究を重ねた結果、Sn-Bi化合物を、母相中に適当な粒径及び密度で分布させることにより、上記目的を達成できることを見出し、その知見を基に本発明を完成するに至った。

すなわち、本発明に関わる熱間鍛造性及び切削性に優れたアルミニウム合金展伸材は、Cu: 4.5~6.0%、Sn: 0.06~0.55%、Bi: 0.08~0.55%、Ti: 0.005~0.2%を含有し、残部がAl及び不純物からなり、Sn-Bi化合物の平均粒径が1~10 $\mu$ m、分布密度が100~5000個/mm<sup>2</sup>であることを特徴とする。また、本発明に係る上記アルミニウム合金は、必要に応じて、さらにMn: 0.05~0.5%、Cr: 0.05~0.5%、Zr: 0.05~0.5%のうち1種以上を含有する。

【0009】

【発明の実施の形態】

次に、上記アルミニウム合金展伸材における各元素の添加理由及び添加量の限定理由を説明する。

Cu: 4.5~6.0%

Cuは熱処理により強度を高めるとともに、歪み硬化能を向上させるため切り屑分断を助長する。Cu含有量が4.5%未満ではその効果に乏しく、一方6.0%を越えて添加すると耐食性が低下し、また熱間加工性（押出性等）も低下する。望ましくは5.5%以下、特に強度と良好な耐食性及び熱間加工性を確保するとの観点から、5%を越え、5.4%以下が望まれる。

【0010】

Bi: 0.08~0.55%

Sn: 0.06~0.55%

Bi及びSnを同時に添加することにより、低融点のBi-Sn化合物の微粒子がアルミニウム合金中に分散され、切削加工熱による切り屑の溶融脆化が起こり、優れた切り屑分断性が得られる。BiとSnの含有量が共晶組成（Bi: Sn=57:43）に近いほど分散粒子の融点を低下させることができ、切り屑の溶融脆化の効率が上がる。一方、Bi単独又はSn単独、あるいは同時添加されていてもBiとSnの含有量が共晶組成から外れるほど分散粒子の融点が高くなり、切削加工熱による切り屑の溶融脆化の効率が低く、切り屑分断性に劣るようになる。しかも、Bi及びSnは単独添加であると結晶粒界に偏析し、伸びが低下する。さらに、BiとSnの含有量が少ないとBi-Sn化合物粒子の平均粒径が小さくかつ分布密度が小さくなり、切削性改善の効果が少なく、含有量が多くなると平均粒径が大きくなり、伸び及び熱間鍛造性を低下させる。以上の点から、BiとSnは同時に添加することとし、その含有量はSnが0.06~0.55%、Biが0.08~0.55%とする。熱間鍛造性の面からいえば、Snは0.06~0.25%、さらに0.06~0.1%が望ましい。切削性の面からは、Snは0.08%以上が望ましい。なお、望ましい含有比率（質量比）は、切り屑分断性の面からいえばBi/Snで1.0~6.0、合計含有量は望ましくは0.5~1.0%である。

【0011】

Ti: 0.005~0.2%

Tiの添加により、鑄造組織が微細化し押出材等の組織の均一性が向上し、熱間鍛造性が

10

20

30

40

50

向上する。しかし、Ti含有量が0.005%未満ではその効果が得られず、一方0.2%を越えて添加してもその効果は飽和する。

Mn: 0.05~0.5%

Cr: 0.05~0.5%

Zr: 0.05~0.5%

Mn、Cr、ZrはそれぞれAlとの金属間化合物を形成し、切り屑分断の起点となって切削性を向上させるため、適宜1種以上を添加する。添加量がそれぞれ0.05%未満ではその効果が十分でなく、一方、0.5%を越えると粗大な金属間化合物を生成し熱間加工性(押出性等)が低下する。

#### 【0012】

不純物等

アルミニウム合金中には不純物として又は添加元素として、Fe、Si、Zn、V等が含まれる。このうちFe及びSiはアルミニウム合金に特に多く含まれる不純物であり、Siは切削性を改善する作用もあるが、いずれも含有量が多いと粗大な金属間化合物を晶出して合金の機械的性質を損なうため、本発明においてFe、Siの含有量はそれぞれ1.0%、1.5%以下に規制する。Feについては望ましくは0.7%以下であり、Siについては、熱間鍛造性の観点から望ましくは0.7%以下、さらに0.2%以下、さらに0.1%未満に規制することが望ましい。Zn、Vについては、それぞれ1.0%以下、0.2%以下であれば、本発明のアルミニウム合金に含まれていても、特に悪影響は及ぼさない。また、アルミニウム合金を鑄造する際には地金、添加元素の中間合金等様々な経路より不純物が混入する。混入する元素は様々であるが、その他の不純物は単体で0.05%以下、総量で0.15%以下に規制する。なお、不純物のうちBについては、Tiの添加に伴い合金中にTi含有量の1/5程度の量で混入するが、より望ましい範囲は0.02%以下、さらに0.01%以下が望ましい。

#### 【0013】

本発明のアルミニウム合金展伸材は、平均粒径が1~10 $\mu$ m、分布密度が100~5000個/ $\text{mm}^2$ のSn-Bi化合物が母相中に分散しているため、この低融点金属粒子が切削加工時の加工発熱により溶融して切り屑を分断し(溶融脆化)アルミニウム合金の切削性が向上する。しかし、平均粒径が1 $\mu$ mより小さく、又は/及び分布密度が100個/ $\text{mm}^2$ より少ない場合、粒子が分断の起点となりにくい分断の起点になる箇所が減って切削性が不十分となる。一方、平均粒径が10 $\mu$ mより大きく、又は/及び分布密度が5000個/ $\text{mm}^2$ より多い場合、溶融した粒子により熱間鍛造性が阻害される。本発明において平均粒径の望ましい範囲は3.5~4.5 $\mu$ m、分布密度の望ましい範囲は210~2800個/ $\text{mm}^2$ である。

#### 【0014】

上記アルミニウム合金展伸材は、常法に従い溶解、鑄造、均質化処理を施した後、例えば押出加工又は圧延加工などの熱間加工を行い、得られた押出材あるいは圧延材(棒材等)に対し、必要に応じて熱間鍛造を施し、次いで溶体化・焼入れ処理及び時効処理(T6処理)を施して所定の強度を与え、切削加工に供する。熱間加工における押出比又は圧延比(棒材等)は、SnとBiの含有量と共にSn-Bi化合物粒子の平均粒径及び分布密度に支配的に影響し、これが小さいと平均粒径は大きくかつ分布密度が小さくなり、大きいと平均粒径は小さくかつ分布密度は大きくなる傾向にある。前記Sn及びBiの含有量範囲において、この押出比又は圧延比を概ね20~40の範囲に設定することで、Sn-Bi化合物粒子について前記平均粒径及び分布密度を得ることができる。なお、通常の熱間鍛造やT6処理によってSn-Bi化合物粒子の平均粒径及び分布密度が大きく変化することはなく、熱間鍛造時と切削時においてほぼ同じとみなすことができる。

#### 【0015】

#### 【実施例】

以下、本発明の実施例について、比較例と比較して具体的に説明する。

表1に示した化学組成の合金を溶解し半連続鑄造により200mm径の押出ビレットを作

10

20

30

40

50

成し、470℃で4時間均質化熱処理を施した後、400℃の押出温度で25～58mm径（押出比12～64）の各サイズの丸棒に押し出した。この押出材を供試材とし、下記要領で熱間鍛造性を測定した。

また、この押出材を520℃で1時間溶体化処理して水中に焼入れた後、170℃で6hrの人工時効処理を行った。これを供試材とし、Sn-Bi化合物の平均粒径及び分布密度、さらに機械的性質及び切削性を下記の要領で測定した。

【0016】

【表1】

No.	合金の化学組成 (質量%)							押出比	Sn-Bi化合物	
	Cu	Bi	Sn	Ti	Mn	Cr	Zr		粒径 ( $\mu\text{m}$ )	個数 (個/ $\text{mm}^2$ )
1	5.3	0.5	0.3	0.01	—	—	—	33	4.0	1800
2	5.3	0.5	0.1	0.01	—	—	—	33	3.5	350
3	5.3	0.25	0.25	0.01	—	—	—	33	2.1	280
4	5.3	0.5	0.5	0.01	—	—	—	33	4.8	2600
5	5.3	0.5	0.3	0.01	—	—	—	21	8.0	730
6	5.3	0.5	0.3	0.01	0.1	—	—	33	3.8	2200
7	5.3	0.5	0.3	0.01	—	0.1	—	33	3.7	2300
8	5.3	0.5	0.3	0.01	—	—	0.1	33	3.9	2100
9	5.3	0.05*	0.05*	0.01	—	—	—	33	0.5*	180
10	5.3	0.25	0.25	0.01	—	—	—	15#	2.7	92*
11	5.3	0.7*	0.7*	0.01	—	—	—	33	14*	3700
12	5.3	0.5	0.3	0.01	—	—	—	12#	12*	1100
13	5.3	0.5	0.3	0.01	—	—	—	64#	0.7*	32000*
14	5.3	0.5	0.5	0.01	—	—	—	55#	3.2	28000*

\*本発明の範囲外

【0017】

熱間鍛造性；図1に示すように、押出棒中心部より径15mm、高さ15mmの円柱状試験片を採取し、電気炉にて470℃に加熱し、20分保持した後、図2に示すように、質量74.5kgの重りを試験片の上、hmmの高さより自由落下させ（落槌試験）、試験片を熱間鍛造した。なお、落槌試験の重り高さhは、従来のh=400mmと、近年鍛造製品が軽量化のため薄肉化する傾向があるのに対応して、より厳しいh=600mmに設定した。熱間鍛造後の試験片を目視観察し、0.5mm以上の大きな割れが発生したものを×、0.5mm未満の微小割れが発生したものを○、割れのものを◎と判定した。

Sn-Bi化合物粒子の平均粒径及び分布密度；押出材の中心部位の押出方向に垂直な面

10

20

30

40

50

を撮影した400倍の光学顕微鏡写真をもとに、画像解析装置（株式会社ニレコ製、商品名ルーゼックス）により、粒径は断面に現れた粒子の断面積と同一面積の円の直径に換算してその平均値を求め、分布密度はその粒子の個数を求めて単位面積（ $1\text{ mm}^2$ ）あたりの個数に換算した。ただし、 $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 未満の粒子は観測上のノイズを含むため、これらを削除したデータを用いて平均粒径及び分布密度を測定した。

#### 【0018】

機械的性質；押出方向に採取したJIS4号試験片を用い、JISZ2241に規定する金属材料試験方法に準じ、引張強さ、耐力、及び伸びを測定した。

切削性；市販の高速鋼製の2mm径ドリルを用い、回転数3000rpm、送り速度600mm/分の条件にて切削し、ドリルへの巻き付き発生の有無を観察するとともに、切り屑断断性を調べるために切り屑100g当りの切り屑個数を測定した。45000個以上を合格とした。

#### 【0019】

これらの試験結果を表2に示す。

本発明の実施例に相当する合金1～8は、いずれも優れた熱間鍛造性、機械的性質及び切削性を示す。また、押出材にはむしれや焼き付き痕はなく表面性状は良好で、押出性も優れている。特に合金2は、 $h=600\text{ mm}$ の条件でも熱間鍛造性が優れている。

これに対し、比較例の合金9～14はSnとBiの含有量、Sn-Bi化合物の粒径又は分布密度のいずれかが本発明の範囲外の合金であり、切削性又は熱間鍛造性が実施例合金1～8に比べ劣っている。すなわち、合金9はSnとBiの含有量が不足するためSn-Bi化合物の平均粒径が小さく、切削性が劣る。合金10は押出比が小さいためSn-Bi化合物の分布密度が小さく、切削性が劣る。合金11はSn及びBiの含有量が過剰のためSn-Bi化合物の平均粒径が大きく、熱間鍛造性が劣る。合金12は押出比が小さいためSn-Bi化合物の平均粒径が大きく、熱間鍛造性が劣る。合金13は押出比が大きいためSn-Bi化合物の平均粒径が小さくかつ分布密度が大きく、切削性と熱間鍛造性が劣り、合金14は押出比が大きいためSn-Bi化合物の分布密度が大きく、熱間鍛造性に劣る。

#### 【0020】

#### 【表2】

No.		機 械 的 性 質			切 削 性		熱間鍛造性	
		引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	ドリルへの 巻き付き	切り屑個数 (個/100g)	h=400	h=600
実 施 例	1	395	372	14.2	なし	85,000	◎	○
	2	397	368	14.0	なし	56,000	◎	◎
	3	391	358	13.8	なし	47,000	◎	○
	4	386	350	12.6	なし	59,000	◎	○
	5	401	376	13.7	なし	47,000	◎	○
	6	418	379	14.1	なし	83,000	◎	○
	7	405	378	13.8	なし	82,000	◎	○
	8	421	383	14.5	なし	84,000	◎	○
比 較 例	9	390	366	15.1	あり *	31,000 *	◎	◎
	10	388	358	14.8	あり *	33,000 *	◎	○
	11	381	355	11.8	なし	92,000	× *	× *
	12	387	347	12.9	なし	68,000	× *	× *
	13	394	368	14.1	あり *	41,000 *	× *	× *
	14	379	352	11.8	なし	65,000	× *	× *

\*特性の劣る箇所

【 0 0 2 1 】

【 発 明 の 効 果 】

このように、本発明では、所定量の Cu を含有し、かつ所定量の Sn と Bi を同時添加した Al-Cu 系アルミニウム合金展伸材において、Sn-Bi 化合物の平均粒径を 1～10 μm、分布密度を 100～5000 個/mm<sup>2</sup> と規定することにより、熱間鍛造性を改善し、かつ切削性をさらに向上させることができ、切削用アルミニウム合金材として、あるいは熱間鍛造及び切削用アルミニウム合金材として好適に利用できる。

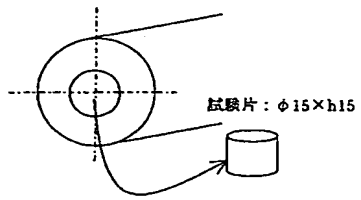
【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 図 1 】 実施例の熱間鍛造試験における試験片採取方法の説明図である。

【 図 2 】 同じく落迫試験法を説明する図である。



【图 1】



【图 2】

